

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista 1999	Løpenr. (for bestilling) 4228	Dato 2000.04.27	
	Prosjektnr. Undernr. O-99114	Sider 37	Pris 75,-
Forfatter(e) Kroglund, Tone	Fagområde Miljøgifter i sjøvann	Distribusjon	
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA	

Oppdragsgiver(e) Elkem Aluminium ANS Lista	Oppdragsreferanse
---	-------------------

Sammendrag

Rapporten omtaler undersøkelser av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i strandsnegl (*Littorina littorea*), samt undersøkelser av organismesamfunnet på grunt vann (alger og fjæredyr) i 1999. Undersøkelsen ble gjennomført for å oppdatere tilstanden og dokumentere eventuelle endringer fra tidligere undersøkelser. Resultatene viste at PAH-innholdet i strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen og Haugestranda (Husebybukta) var betydelig lavere enn i 1990 og 1995, men at det ikke har vært noen påviselig reduksjon i nivået etter 1996. I henhold til SFTs klassifisering av miljøkvalitet var strandsnegl fra Husebybukta *sterkt* til *meget sterkt forurensset* av PAH, mens Havik var *moderat* til *markert forurensset* og Litlrauna var *ubetydelig* til *moderat forurensset* i 1999. Undersøkelsen av alger og fjæredyr på grunt vann viste en økning i antall arter og generelt noe forbedret forhold på stasjonene nærmest utslippet (Storskjær og Indre Tjuvholmen), men stasjonene var fortsatt noe preget av hurtigvoksende opportunister. Spesielt stasjonen på Storskjær hadde flere nye arter i forhold til tidligere registreringer. Endringene på de øvrige stasjonene var moderate og vanskelig å skille fra den betydelige årlige variasjonen som tidligere er observert.

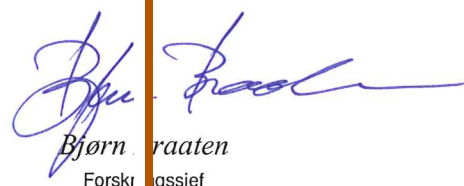
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. PAH	1. PAH
2. Marin økologi - Strandsone	2. Marine ecology -Littoral zone
3. Overvåking	3. Monitoring
4. Aluminiumsverk	4. Aluminium smelter



Tone Kroglund
Prosjektleder



Kari Nygaard
Forskningsleder



Bjørn Raaten
Forskningsjef

ISBN 82-577-3850-6

O-99114

Overvåking av resipienten til

Elkem Aluminium ANS Lista

1999

Forord

Den foreliggende rapporten er utført av NIVA på oppdrag fra Elkem Aluminium ANS Lista. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Svein Harry Samuelsen.

Rapporten er en oppfølging av tidligere undersøkelser av miljøforholdene i Husebybukta som er resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista.

Undersøkelsen har omfattet:

- *målinger av PAH i strandsnegl*
- *undersøkelse av fastsittende alger og dyr på grunt vann.*

Feltinnsamlinger av snegl ble foretatt av Kjell Tønnesen og Atle Olsvik (Elkem Aluminium ANS Lista) og Tone Kroglund. Tone Kroglund har også gjennomført strandsoneundersøkelsen og vært prosjektansvarlig. Strandsneglene ble opparbeidet av Mette C. Lie og analysert på NIVAs laboratorium i Oslo. Kristoffer Næs har bidratt med vurderinger av resultatene.

Grimstad, 16. april 2000

Tone Kroglund

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN	7
1.2 FORURENSNINGSTILFØRSLER	7
1.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER	8
2. PAH i strandsnegl	9
2.1 METODER	9
2.2 RESULTATER	10
2.2.1 Dagens situasjon	10
2.2.2 Sammenligning med tidligere resultater	12
3. Undersøkelser i strandsonen	15
3.1 GENERELT OM UNDERSØKELSEN	15
3.2 METODER OG STASJONSVALG	15
3.2.1 Feltinnsamling	15
3.2.2 Stasjonsvalg	15
3.2.3 Tallbehandling	16
3.3 RESULTATER	17
3.3.1 Artssammensetning 1999	17
3.3.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algeklasser	21
3.3.3 Endringer i perioden 1970-1999	22
4. Referanser	26
Vedlegg A. PAH i strandsnegl	28
Vedlegg B. Strandsoneundersøkelse	33

Sammendrag

Den foreliggende undersøkelsen ble gjennomført for å gi en oppdatering av tilstanden til resipienten til Elkem Aluminium ANS Lista. Undersøkelsen skulle også dokumentere eventuelle endringer fra tidligere undersøkelser. Undersøkelsen ble gjennomført i 1999 og omfattet:

- Analyse av PAH i strandsnegl (*Littorina littorea*). Innsamling av strandsnegl ble foretatt fra Ytre Tjuvholmen og Haugestranda i Husebybukta samt referansestasjonene Havik (3 km fra utslippet) og Litlerauna (10 km fra utslippet). Innsamlingen av snegl ble foretatt i juli, august, oktober og november 1999.
- Undersøkelse av planter og dyr på grunt vann på fire stasjoner i Husebybukta; Indre Tjuvholmen, Ytre Tjuvholmen, Storskjær og Haugestranda. Undersøkelsen ble foretatt den 30. august 1999. Alle stasjonene er undersøkt tidligere.

PAH i strandsnegl

Resultater av PAH-analysene viste at PAH-innholdet i strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen og Haugestranda (Husebybukta) har blitt betydelig redusert siden 1990 og 1995. Den største reduksjonen i sum PAH har vært på Ytre Tjuvholmen slik at det nå er liten forskjell i nivået mellom de to stasjonene. Det har ikke vært noen påviselig reduksjon i PAH-nivået etter 1996.

De høyeste konsentrasjonene som ble målt i 1999 var ved Haugestranda i oktober og november og var 300-500x over antatt bakgrunnsnivå. Til sammenligning hadde Ytre Tjuvholmen en maksimal overkonsentrasjon på 140x. Begge stasjonene hadde lavest konsentrasjon i juli og høyest i oktober. I henhold til SFTs tilstandsklassifisering for blåskjell¹ var begge stasjonene *sterkt* til *meget sterkt forurensset* (tilstandsklasse IV- V).

De to referansestasjonene (Havik og Litlerauna) hadde som forventet et betydelig lavere PAH-innhold enn stasjonene i Husebybukta. Konsentrasjonen var likevel noe høyere enn naturlig bakgrunnsnivå. Havik kan karakteriseres som *moderat* til *markert forurensset* (tilstandsklasse II –III) mens Litlerauna var *ubetydelig* til *moderat forurensset* (tilstandsklasse I –II).

Sammenligning av PAH-profiler (fordeling av enkeltkomponenter) viste at de høye PAH-konsentrasjonene ved Haugestranda i oktober og november hadde samme kilde som de øvrige målingene i Husebybukta. Videre viste PAH-profilene i strandsnegl stor likhet med PAH-profiler som tidligere er målt i avløpsvann og resipientvann (Næs et al. 1998).

Organismesamfunn i strandsonen

Resultater fra strandsoneundersøkelsen viste at det ble registrert flere nye arter ved stasjonen på Storskjær i 1999. Arter som sagtang, krusblekke og blåskjell ble registrert for første gang, mens rugl og albuesnegl ble registrert etter mange års fravær fra stasjonen. Stasjonen skilte seg imidlertid fremdeles ut fra Indre Tjuvholmen, Ytre Tjuvholmen og Haugestranda med et fattig organismesamfunn (få arter og lav diversitet) og dominans av forurensningstolerante arter. Hovedårsaken til dette er de fysiske forholdene på stasjonen. Andelen grønnalger var fortsatt høy, men har blitt noe redusert siden 1995. Resultatene tydet på at det har vært en positiv utvikling på stasjonen.

¹ Det er ikke utarbeidet egne tilstandsklasser for strandsnegl, men klassifisering for blåskjell blir ofte benyttet også for denne organismegruppen.

Stasjonen ved Indre Tjuvholmen hadde relativt høyt artsantall, høy diversitet og lav dominans, men var preget av hurtigvoksende opportunister i vannskorpen (blågrønnalger og tarmgrønske). Resultatene tydet på at det har blitt noe mer sagtang og fingertare og mindre grønnalger, brunslit og rekeklo enn i 1995 og tidligere år. Antall arter og diversitet har økt siden 1995, mens dominansen har blitt noe redusert. Dette kan indikere en positiv utvikling på stasjonen. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger var fremdeles noe utenfor normalintervallene.

Ved Ytre Tjuvholmen ble det registrert mange arter på grunt vann, og stasjonen hadde høy diversitet og lav dominansindeks som tydet på gode forhold. I motsetning til de øvrige stasjonene var imidlertid artsantall og diversitet noe lavere enn i 1995. Forskjellen var ikke stor, og de registrerte endringene i artssammensetningen fra 1995 og tidligere år tydet ikke på noen bestemt utvikling. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger var tilnærmet normal.

Haugestranda hadde noe lavere artsantall og diversitet enn Ytre Tjuvholmen, men diversiteten må fortsatt karakteriseres som høyt. Stasjonen var preget av tett tang- og tarevegetasjon med en rik undervegetasjon. Stasjonen hadde mindre opportunistiske brunalger og grønnalger enn i 1995 og tidligere år, men også mindre av enkelte rødalger. Sammenlignet med tidligere år viste resultatene en liten endring til det positive.

For alle stasjonene har det vært store variasjoner i artssammensetning og mengde av de ulike artene fra tidlig på 1970-tallet og frem til i dag. Siden forskjellene var store også før utslippsreduksjonene startet i 1990, er det vanskelig å tolke resultatene mer i detalj før man har flere undersøkelsesår (etter utslippsreduksjonene) å sammenligne med.

1. Innledning

1.1 BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN

Avløpsvann fra Elkem Aluminium ANS Lista inneholder bl.a. polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Avløpsvannet har fra oppstarten av bedriften i 1971 og fram til 1995 blitt ført ut i strandkanten i Husebybukta, nærmere bestemt ved Storskjær. I desember 1995 ble utslippsledningen forlenget noe slik at utslippet i dag blir ført ca. 30-40 meter ut fra Storskjær i sørvestlig retning.

Utslippene av PAH har vært anslagsvis 0,5-3 tonn pr år på 1980-tallet (Knutzen 1991), mer er i de senere år betydelig redusert. Bedriften har gjennomført utslippsreduksjonene gjennom innstallering av nytt utstyr, ombygginger og prosessforbedringer. Utslippstall fra 1981 til 1998 er vist i kap. 1.2.

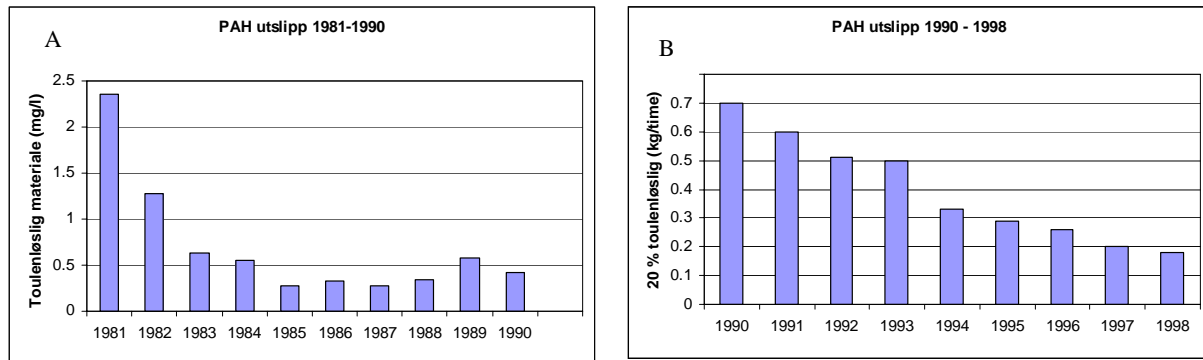
Elkem Aluminium ANS Lista er pålagt av SFT (Statens forurensningstilsyn) å overvåke resipienten. Denne undersøkelsen er et ledd i denne overvåkingen og en oppfølging av tidligere undersøkelser. Undersøkelsen har hatt som formål å:

- *Gi en oppdatering av tilstanden i området*
- *Sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser for å dokumentere eventuelle endringer som følge av utslippsreduksjoner.*

1.2 FORURENSNINGSTILFØRSLER

Figur 1 viser utslippsmengder av PAH til Husebybukta beregnet som 20% av tolueløselig materiale. Verdier fra 1981 –1990 er oppgitt i mg/l og er hentet fra Knutzen 1991. Utslippsverdier fra 1990-1998 er oppgitt i kg/time og er innhentet fra bedriften (fax datert 22/02/99)

Det er knyttet stor usikkerhet til utslippstallene, men det synes å være en nedadgående trend i utslippene av PAH. Fra 1990 til i dag har utslippene blitt redusert med ca. 75 % (fra 0,7 kg/time i 1990 til under 0,2 kg/time i 1998). Sett i forhold til kontrollundersøkelsen i 1995 var utslippene i 1998 redusert med ca. 40%.



Figur 1. Utslipp av PAH, beregnet som 20 % av toluenløslig materiale. A: Utslipp fra 1981 – 1989 er oppgitt som mg pr. liter (data fra Knutzen 1991). B: Utslipp fra 1990-1999 er oppgitt som kg pr. time (data fra Elkem Aluminium Lista –fax 22/02/99).

1.3 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Det foreligger mange kontrollundersøkelser av Husebybukta fra bedriftens oppstart i 1971 og frem til i dag. Det ble også foretatt en undersøkelse i 1970, året før bedriftens oppstart. I starten inngikk kun organismesamfunn i strandsonen i kontrollundersøkelsene.

I perioden 1970 - 1974 og 1979 - 1990 ble det gjennomført årlige kontrollundersøkelser av organismesamfunnet i strandsonen (Knutzen og Rueness 1972, Knutzen 1973, Knutzen og Arnesen 1975, Knutzen 1979, 1981, 1983, 1985, 1987a, b, 1989, 1991). Opprinnelig ble innsamlingen av alger og dyr foretatt med skrape fra land, men fra og med 1980 ble snorkeldykking benyttet. Etter 1990 ble undersøkelsesfrekvensen redusert slik at det nå er flere års opphold mellom undersøkelsene. Siste undersøkelse ble gjennomført i 1995 (Jacobsen et al. 1996).

Fra 1978 –1990 ble analyser av PAH og fluorid inkludert i de årlige kontrollundersøkelsene av resipienten. PAH ble målt i albuesnegl (*Patella vulgata*) fra 1978 til 1985. Etter 1985 ble albuesnegl erstattet av strandsnegl (*Littorina littorea*) som indikatororganisme på grunn av stadig minkende forekomst av albusnegl på stasjonene. Strandsnegl/albuesnegl ble samlet inn en gang i året (september) fra tre faste stasjoner med ulik avstand til utslippet (Ytre Tjuvholmen, Havik og Litlerauna). Det foreligger også enkelte analyser av PAH i blåskjell (1986, 1989, 1995) og i krabber (1988). Etter 1990 ble det som for strandsoneundersøkelsene et opphold i PAH-analysene frem til 1995. Fluorid ble primært målt i tang/tare fra 1978 til 1990 (*Fucus serratus*, *Ascophyllum nodosum* og *Laminaria digitata*), men det foreligger også enkelte analyser av fluorid i rødalgene vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) og krasing (*Corallina officinalis*) samt i albusnegl (*Patella vulgata*).

I 1995 ble det gjennomført PAH-målinger i strandsnegl fra fire ulike stasjoner i juni, august og november. I tillegg til de tre stasjonene som var prøvetatt tidligere, ble en stasjon ved Hagestranda i Husebybukta inkludert i analysene. Det ble også analysert for PAH i blåskjell og sediment i 1995 (Jacobsen et al. 1996).

I årene 1996, 1997 og 1998 ble det foretatt PAH-analyser i strandsnegl gjennom hele året fra stasjonen på Ytre Tjuvholmen. Undersøkelsen i 1996 omfattet 5 analyser, mens undersøkelsene i 1997 og 1998 omfattet 10 analyser fordelt gjennom hele året. Resultatene er kun rapportert i brev form til Elkem Aluminum Lista.

2. PAH i strandsnegl

2.1 METODER

Det ble foretatt analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra fire stasjoner med forskjellig avstand fra utslippet. Ytre Tjuvholmen (stasjon 1) og Haugestranda (stasjon 2) ligger i Husebybukta der avløpsvannet har sitt utløp, mens Havik (stasjon 3) og Litlerauna (stasjon 4) ligger hhv. 3 km og 10 km fra utslippsstedet. Oversikt over innsamlings- og analyseprogrammet er gitt i **Tabell 1**, og stasjonsplasseringen er gitt i **Figur 2**. Stasjonsplasseringen er den samme som i 1995.

Strandsnegl ble samlet inn fra de fire stasjonene i juli, august, oktober og november 1999.

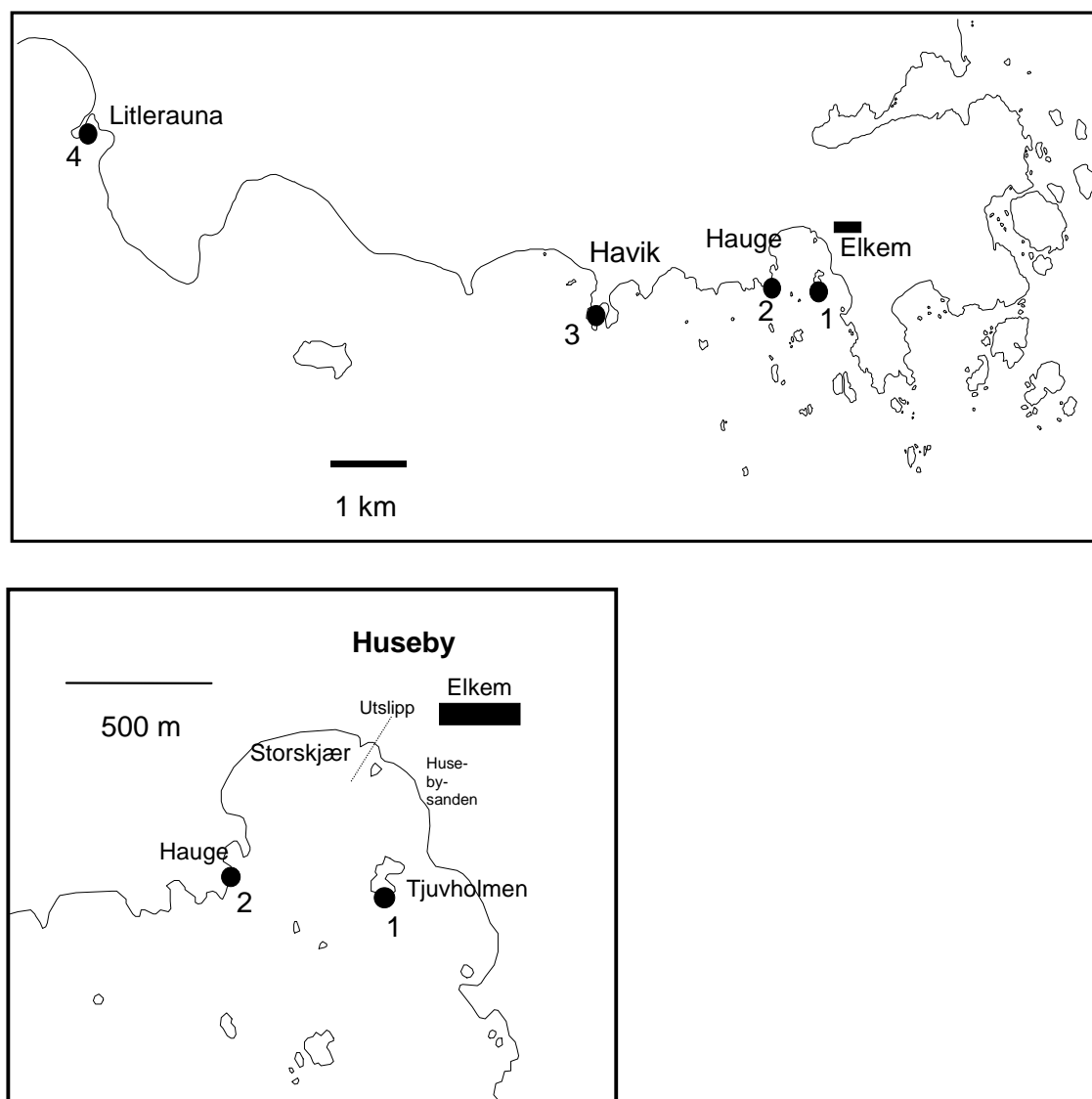
Ved hver feltinnsamling ble 50 snegl samlet fra hver stasjon. Sneglene ble rensket for alle bløtdeler og blandprøve ble sendt til NIVAs laboratorium i Oslo i frossen tilstand for videre behandling og analysering. Analysemetodene er kort beskrevet i Vedlegg A. For nærmere beskrivelse av analysemetodikk, bakgrunnsverdier og konsentrasjoner i norske smelteverksresipienter vises det til Næs et al. (1995).

I tillegg til de foreliggende analysene er det benyttet data fra tidligere målinger av PAH i strandsnegl. I perioden 1985-1990 ble det samlet inn prøver fra 3 stasjoner én gang pr. år (i september). I 1995 ble det foretatt innsamlinger fra de samme 4 stasjonene som i foreliggende undersøkelse.

I resultatbehandlingen brukes betegnelsene sum PAH og KPAH. Førstnevnte refererer seg til summen av 22 forbindelser fra acenaftalen til benzo(ghi)perylene, se rådata i Vedleggstabell A1. KPAH betegner de potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelsene i henhold til IARC (1987)

Tabell 1. Oversikt over prøveinnsamling av strandsnegl for analyse av PAH i 1999.

Stasjoner	Avstand til utslipp	Innsamlingstidspunkt 1999
St. 1 Ytre Tjuvholmen	0,5 km	juni, august, oktober , november
St. 2 Haugestranda	0,75 km	juni, august, oktober , november
St. 3 Havik (ref.)	3 km	august, november
St. 4 Litlerauna (ref.)	10 km	august, november



Figur 2. Stasjoner for innsamling av strandsnegl (*Littorina littorea*) for analyse av PAH.

2.2 RESULTATER

2.2.1 Dagens situasjon

Figur 3 viser PAH-innholdet i strandsnegl fra de fire stasjonene på Lista. Alle rådataene er vist i Vedleggstabell A1 .

Strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen i Husebybukta hadde PAH-konsentrasjoner fra 3216 – 6854 µg/kg våtvekt. PAH-innholdet var lavest i juli og august, og høyest i oktober (**Figur 3A**). Hvis man antar at

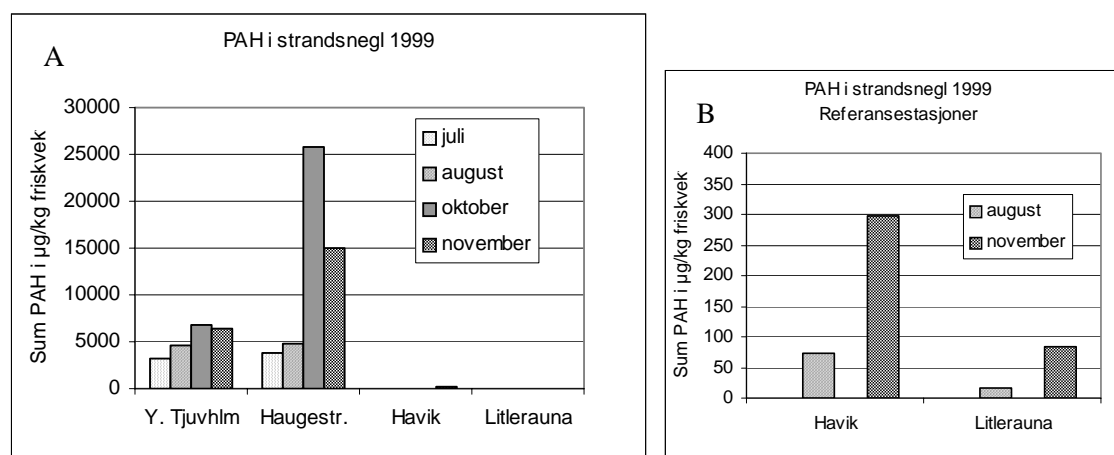
strandsnegl har samme naturlige bakgrunnsnivå som blåskjell (50 µg/kg- jfr. Næs et al. 1995), er overkonsentrasjonen på Ytre Tjuvholmen i størrelsesorden 64-140x.

Stasjonen utenfor båthavna ved Haugestranda hadde et overraskende høyt innhold av PAH i strandsnegl i oktober og november. Konsentrasjonen var over 25.000 µg/kg som tilsvarer overkonsentrasjoner på over 500x. I juli og august var konsentrasjonen på nivå med Ytre Tjuvholmen. Referansestasjonene Havik og Litlerauna hadde som forventet et lavt innhold av PAH (mellom 17 og 296 µg/kg), men også her var nivået noe høyere enn det som kan forventes som bakgrunnsnivå (**Figur 3B**).

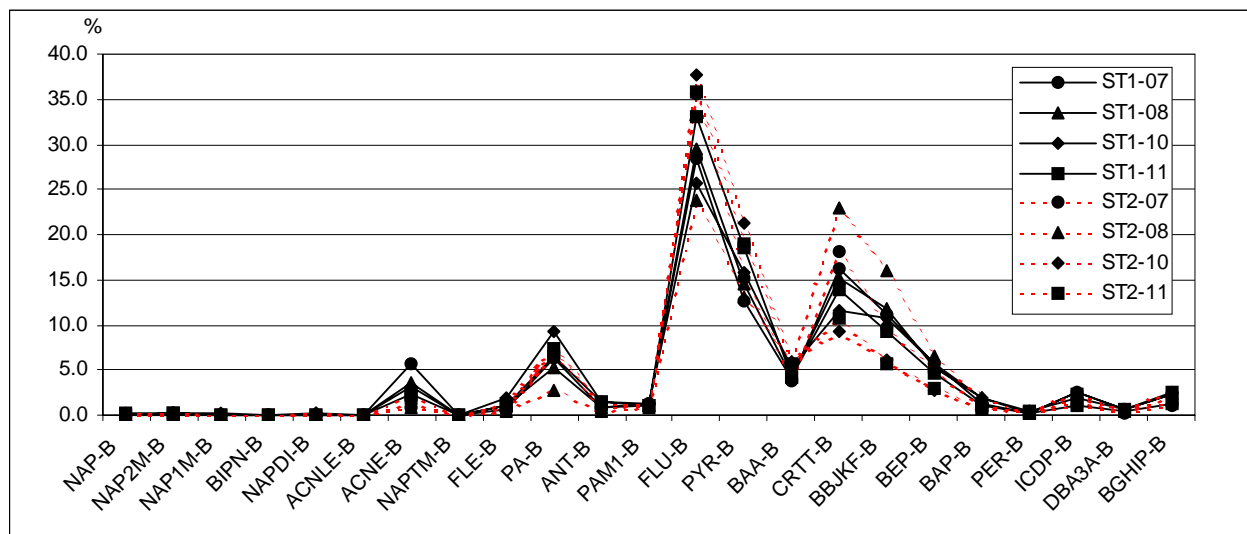
Det er ikke utarbeidet egne tilstandsklasser for strandsnegl, men det antas at de kan sammenlignes med klassene for blåskjell. Ut fra klassifiseringen til blåskjell er da strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen og Haugestranda *sterkt til meget sterkt forurensset* (tilstandsklasse IV –V), Havik er *moderat til markert forurensset* (tilstandsklasse II –III) og Litlerauna er *ubetydelig til moderat forurensset* (tilstandsklasse I –II).

For å vurdere om det høye PAH-innholdet ved Haugestranda i oktober og november kan ha andre kilder enn utslippet, er fordelingen av enkeltkomponentene i PAH sammenlignet mellom de to stasjonene i Husebybukta (**Figur 4**). Resultatene viser kun små variasjoner i komponentfordelingen mellom stasjonene. Dette viser at de to prøvetakingsstasjonene hadde samme forurensningskilde. Videre viser resultatene at PAH-profilene i strandsnegl i stor grad samsvarer med PAH-profilene som er målt i avløpsvann og resipientvann (Næs et al. 1998).

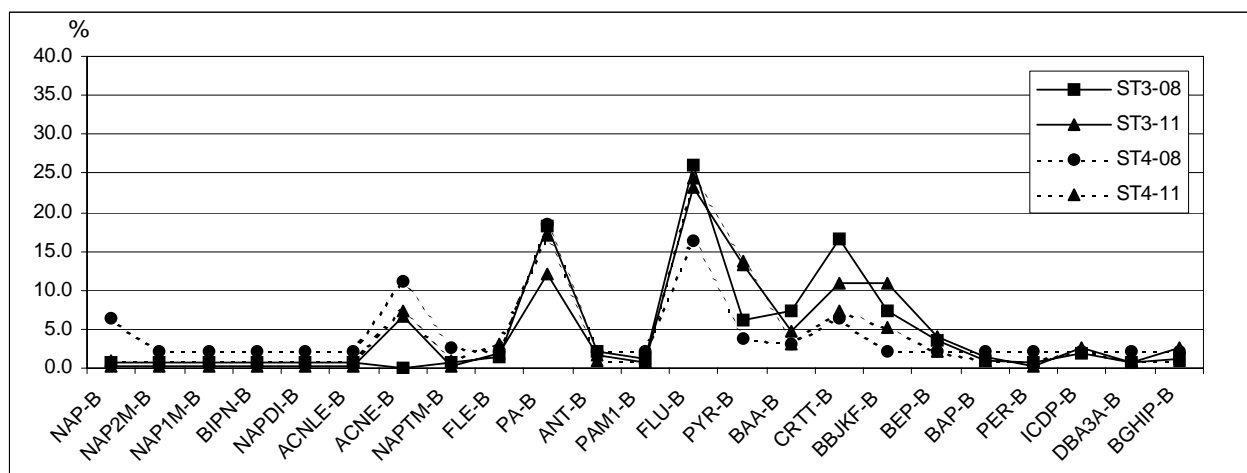
Referansestasjonene (st. 3 og 4) hadde lik komponentprofil til de to stasjonene i Husebybukta **Figur 5**. I undersøkelsen fra 1995 ble det gjort beregninger som viste at aluminiumsveret ikke hadde påviselige effekter på steder som ligger mer enn 10 km fra utslippet. Dvs at Havik er innenfor influensområdet, mens Litlerauna ligger i grenseområdet.



Figur 3. PAH i strandsnegl fra fire stasjoner på Lista. Verdiene er oppgitt som sum PAH i µg/kg friskvekt. Figur 3A viser alle stasjonene mens figur 3B viser kun referansestasjonene. Merk endring i skala.



Figur 4. Relativ fordeling av PAH-komponenter fra Ytre Tjuvholmen (St. 1) og Haugestranda (St. 2) i Husebybukta på Lista i 1999. Hver stasjon er representert med fire prøvetakinger. Tegnforklaringen viser stasjonsnummer og i hvilken måned prøven er innsamlet.



Figur 5. Relativ fordeling av PAH-komponentene fra de to referansestasjonene Havik (st. 3) og Litleråna (st. 4) i 1999. Hver stasjon er representert med to prøvetakinger. Tegnforklaringen viser stasjonsnummer og i hvilken måned prøven er innsamlet.

2.2.2 Sammenligning med tidligere resultater

For å kunne sammenligne resultatene med tidligere år, er sum PAH-innholdet omregnet til tørrvekt ($\mu\text{g/kg}$).

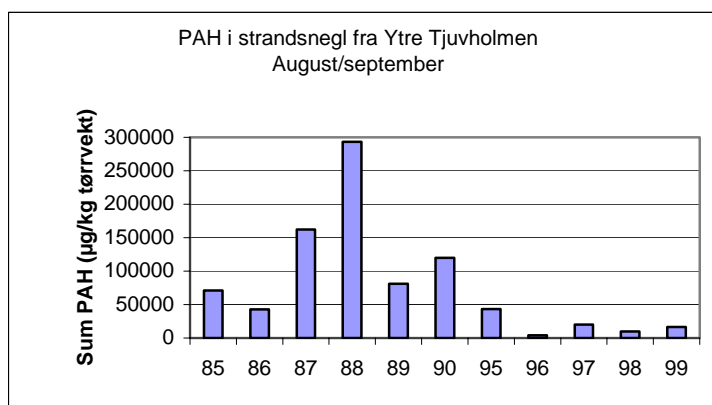
Figur 6 viser utviklingen i sum PAH i strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen i perioden 1985 til 1999. Alle analysene er fra august /september. Fra 1985 til 1995 ble det målt svært varierende innhold av PAH i strandsnegl med laveste verdi på $43.000 \mu\text{g/kg}$ og høyeste verdi $278.000 \mu\text{g/kg}$ tørrvekt. Etter 1995 har analysene vist et klart lavere PAH-nivå med laveste verdi på $4.300 \mu\text{g/kg}$ (1996) og høyeste verdi

på 26.200 µg/kg tørrvekt (1997). Det har ikke vært noen ytterligere reduksjon i PAH- innholdet i strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen etter 1996.

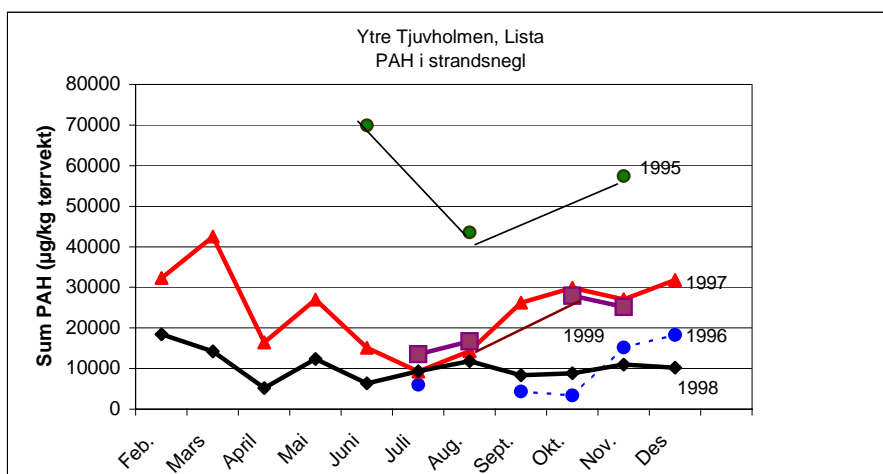
Det er lite samsvar mellom årsgjennomsnitt for utslippsmengder (kap. 1.2) og målt innhold i strandsnegl, spesielt for årene før 1995. Dette kan skyldes faktorer som ujevne døgnutslipp kombinert med relativt hurtig opptak/utskillelse av PAH i snegl. Under slike forhold kan det bli liten sammenheng mellom årsgjennomsnitt for utslipp og innhold i snegl. Det er også knyttet usikkerhet til utslippstallene pga. dårlig sammenheng mellom toluenløslig materiale og PAH (Knutzen 1991).

Figur 7 viser årsvariasjonen og sesongvariasjonen i PAH-målingene fra Ytre Tjuvholmen i 1995 - 1999. PAH-innholdet i strandsnegl synes å ha en sesongvariasjon med de laveste verdiene om sommeren og de høyeste verdiene i vinterhalvåret. Figuren viser samtidig hvordan PAH-konsentrasjonen er redusert siden 1995, men at det er ingen klare forskjeller mellom årene 1996-1999.

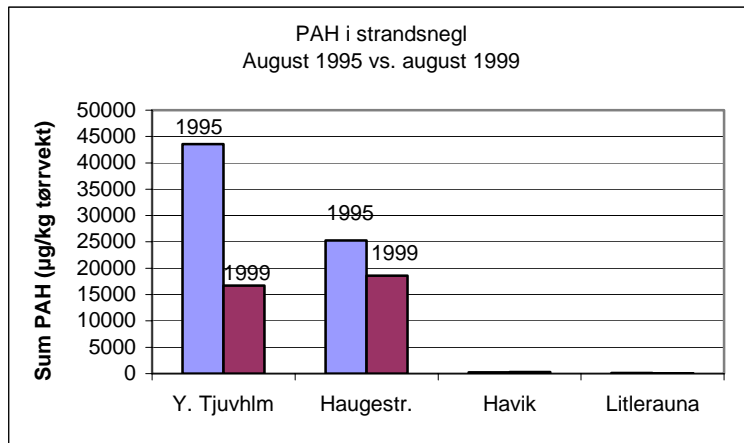
Også på Haugestranda har det vært en nedgang i PAH-innholdet i strandsnegl fra 1995, men ikke i like stor grad som på Ytre Tjuvholmen slik at det nå er liten forskjell mellom de to stasjonene (**Figur 8, Tabell 2**). Årsaken til dette er trolig endring av utslippspunkt eller skiftende strømforhold. Forskjellen i PAH-innhold i strandsnegl fra Havik og Litlerauna mellom 1995 og 1999 er ubetydelig.



Figur 6. PAH-innholdet i strandsnegl fra Ytre Tjuvholmen på Lista fra 1985- 1999. Verdiene er oppgitt som sum PAH i µg/kg tørrvekt. Alle prøvene er fra august/september.



Figur 7. PAH i strandsnegl ved Ytre Tjuvholmen målt gjennom året. Data fra 1995 til 1999. Verdiene er oppgitt som sum PAH i µg/kg tørrvekt



Figur 8. PAH-innholdet i strandsnegl fra fire stasjoner på Lista fra 1995 og 1999. Verdiene er oppgitt som sum PAH i µg/kg tørrvekt.

Tabell 2. Innhold av Sum PAH, KPAH og B(a)P i strandsnegl (*Littorina littorea*) fra Ytre Tjuvholmen, Haugestranda, Havik, og Litlerauna i 1985 - 1995. Alle tall viser enkeltverdier i august/september og er oppgitt i µg/kg tørrvekt.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1996	1997	1998	1999
Sum PAH											
Y.Tjuvholmen	71.300	43.000	157.200	277.500	81.300	119.800	43.600	4.300	26.200	8.400	16.700
Haugestranda	-	-	-	-	-	-	25.300	-	-	-	18.600
Havik	1.100	800	-	4.100	-	-	233	-	-	-	287
Litlerauna	800	3.600	550	1.200	356	397	104	-	-	-	69
KPAH											
Y.Tjuvholmen	4.200	5.900	23.100	13.400	7.600	11.900	8.100	730	3.580	850	3.510
Haugestranda	-	-	-	-	-	-	4.500	-	-	-	4.880
Havik	140	160	-	540	-	-	44	-	-	-	53
Litlerauna	50	330	70	70	80	50	9	-	-	-	5
B(a)P											
Y.Tjuvholmen	770	2.200	1.700	560	230	680	909	56	276	50	317
Haugestranda	-	-	-	-	-	-	463	-	-	-	353
Havik	12	30	-	-	-	-	7	-	-	-	3
Litlerauna	-	25	-	9	5	5	5	-	-	-	2

3. Undersøkelser i strandsonen

3.1 GENERELT OM UNDERSØKELSEN

”Undersøkelser i strandsonen” omfatter registrering av fastsittende alger og fastsittende og lite mobile fjæredyr på fjell og stein. Undersøkelsen dekker gruntvannsområdene i 0-1(2) meters dyp. Plante- og dyresamfunnets artssammensetning er blant annet påvirket av naturlige faktorer som eksponeringsgrad, type underlag, ferskvannspåvirkning, geografisk beliggenhet og sesong. I tillegg har eventuelle forurensninger (næringssalter, partikler, miljøgifter etc) betydning for gruntvannssamfunnets sammensetning og tilstand. Ved å se på antall arter, diversitet (mangfold), forholdet mellom ulike organismegrupper, kan man få indikasjoner på tilstanden i et område. Det er imidlertid viktig å ta hensyn til overnevnte naturlige faktorer i tolkingen av dataene.

3.2 METODER OG STASJONSVALG

3.2.1 Feltinnsamling

Organismesamfunnet i strandsonen (0 - 1 meter) ble undersøkt ved å registrere alle makroskopiske alger (større enn 1 mm) og de vanligste makroskopiske dyrene i et horisontalt belte langs stranden ved fridykking. Registreringen var kvalitativ og dels kvantitativ ved at artenes forekomst ble angitt etter en subjektiv skala:

- 4 = dominerende
- 3 = vanlig
- 2 = spredt
- 1 = enkeltfunn.

Undersøkelsen ble gjennomført 30. august 1999. Arter som var vanskelig å identifisere i felt ble samlet inn og senere undersøkt i mikroskop.

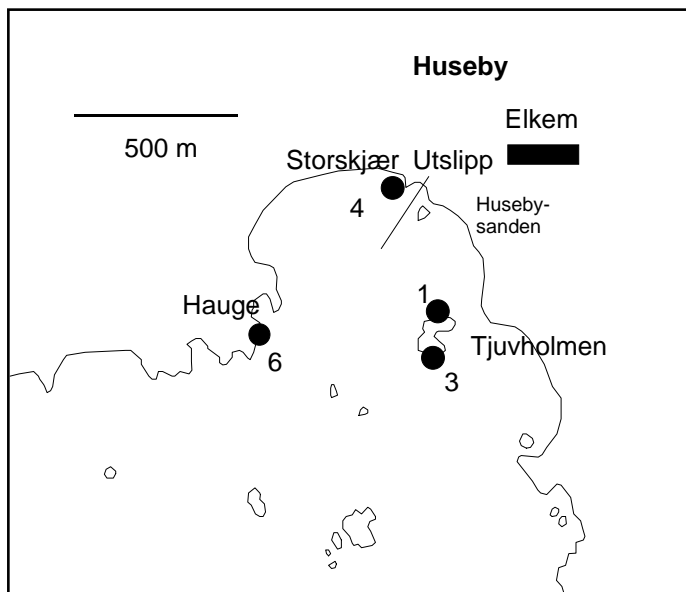
Registreringer fra før 1980 ble foretatt med skrape fra land og pga ulik registreringsmetode gir dataene begrenset sammenligningsgrunnlag med den foreliggende undersøkelsen. Registreringene etter 1980 er imidlertid gjennomført med de samme metodene og gir et godt grunnlag for sammenligning. Unntaket er 1989 og 1990 hvor registreringen ble gjennomført med assistanse av dykker i tillegg til fridykking.

3.2.2 Stasjonsvalg

Undersøkelsene ble gjennomført på fire stasjoner med ulik avstand til utslippsstedet (**Tabell 3**). Stasjonene har også noe ulik bølgeeksponering og himmelretning. Alle stasjonene er undersøkt tidligere, og stasjonsplasseringen er vist i **Figur 9**.

Tabell 3. Undersøkte stasjoner i Husebybukta på Lista, 30. august 1999.

	Nordlig koordinat	Østlig koordinat	Avstand til utslippssted
St. 1 Indre Tjuvholmen	58°4.00	6°46.60	ca. 300 m
St. 3 Ytre Tjuvholmen	58°3.95	6°46.60	ca. 500 m
St. 4 Storskjær	58°4.20	6°46.50	ca. 100 m
St. 6 Haugestranda	58°4.05	6°46.05	ca. 650 m

**Figur 9.** Husebybukta. Stasjoner for undersøkelser av planter og dyr på grunt vann. Stasjonsplasseringen er lik de foregående år.

3.2.3 Tallbehandling

De semi-kvantitative undersøkelserne danner basis for å beregne parametre som karakteriserer organismesamfunnet som diversitet, dominans og fordeling mellom ulike algegrupper. Før måling av de ulike samfunnsparametrene er enkelte arter slått sammen til en gruppe. Det gjelder bl.a. innenfor slektene *Cladophora* (unntak: *C. rupestris*), *Enteromorpha*, *Lithothamnion/Phymatolithon*, *Ectocarpales*-gruppen og enkelte *Ceramium*-arter.

I alle de tidligere undersøkelserne fra Lista er det benyttet en 6-delt skala for subjektiv mengdeangivelse av artene. Dette avviker noe fra den 4-delte skalaen som benyttes i nyere hardbunnsundersøkelser. For å kunne sammenligne dataene med tidligere undersøkelser er alle gamle data omregnet til samme 4-delte skala som i denne undersøkelsen etter følgende inndeling:

1990-1999	1970-1990
Dominerende	Dominerende
	Hyppig
Vanlig	Vanlig
Spredt	Sparsom
	Sjelden
Enkeltpunn	Forekommer

Diversitet (H')

For å beregne diversiteten (= mangfold) ble det brukt en modifisert Shannon-Wiener indeks (H') (Shannon & Weaver 1963). Indeksen øker med økende antall arter og når individene er jevnt fordelt mellom artene. Lave verdier markerer dårlige forhold mens høye verdier markerer normale til gode forhold. Shannon-Wiener indeks er basert på antall (n), men her er den brukt på mengde. Indeksen er gitt ved formelen:

$$H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad \text{hvor } n_i \text{ er mengdeverdien (forekomstangivelsen) av art } i, N \text{ er summen av mengdeverdiene for alle artene og } s \text{ er antall arter.}$$

Dominansindeks (I).

Denne indeksen er foreslått av Shaw et al. (1983) for å gi et enkelt tall som reflekterer dominansforholdet i et samfunn. Deres definisjon er "I er dominansen av den vanligste arten i prosent av hele prøven." Høye indeksverdier indikerer et samfunn dominert av én eller få arter.

Forholdet mellom antall rød-, brun og grønnalger

På bakgrunn av flere undersøkelser fra norske fjorder og den svenske vestkyst, er det utarbeidet en fordelingsnøkkel for forholdet mellom antall rødalger (R), brunalger (B) og grønnalger (G) i uforurensede fjorder og kyststrøk. "Normalintervallene" er satt til R:B:G = 45%±10% : 35%±10% : 15%±5% (Bokn 1978). Forholdet mellom de tre algeklassene endres med miljøforholdene, både naturlige faktorer (f.eks. ferskvannspåvirkning) og ulike typer forurensninger (primært overgjødning).

3.3 RESULTATER

3.3.1 Artssammensetning 1999

De vanligste artene som ble registrert i Husebybukta i 1999 er vist i **Tabell 4**. Fullstendig artsliste er gitt i Vedleggstabell B1. Antall arter, diversitet, dominans og fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger er vist i **Figur 14** og **Figur 15**. Resultatene fra 1995 er vist samtidig.

Stasjonenes rekkefølge i resultatkapitlet følger avstand til utslippet, og ikke stasjonsnummer.

Storskjær (stasjon 4)

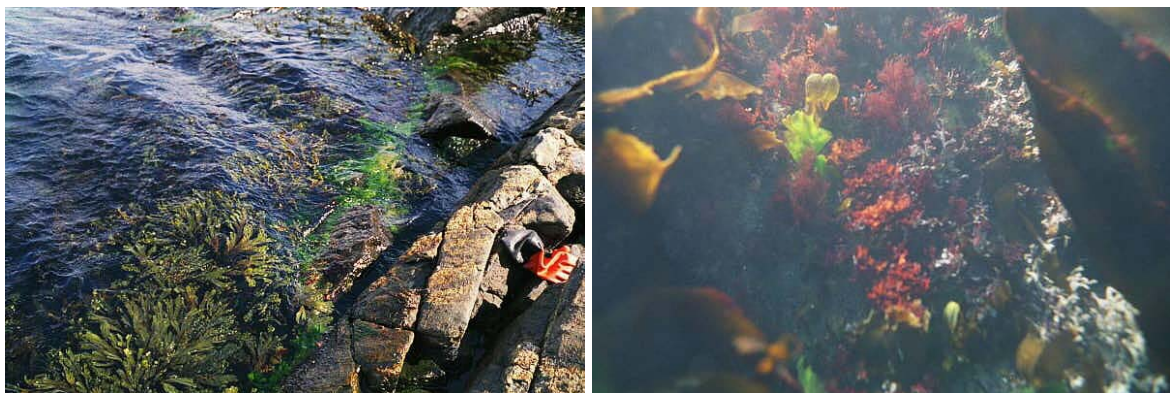
Stasjonen ligger ved det tidligere utslippsstedet til Elkem Aluminium ANS Lista på Husebysanden. Stasjonen er plassert på en fjell/steinknaus som stikker ut fra stranden, og er omgitt av sandbunn på alle kanter. Vanndybden er ca. 1 meter ved stasjonen. Store deler av fjellet var uten vegetasjon. Vegetasjonen var preget av både forurensningsindikatorer som tarmgrønske (*Enteromorpha* spp.), havsalat (*Ulva lactuca*) og trådformete blågrønnalger, men også andre arter som fjærehinne (*Porphyra umbilicalis*), rugl (*Corallinaceae*) og vorteflik (*Mastocarpus stellatus*) vokste i stedvis tette bestander på stasjonen. Flere arter ble registrert på stasjonen for første gang: sagtang (*Fucus serratus*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*). Rugl og albuesnegl (*Patella vulgata*) ble registrert for første gang siden hhv. 1982 og 1974.



Figur 10. Bilder fra stasjonen på Storskjær. Bildet til venstre viser tette bestander av tarmgrønske og havsalat.

Indre Tjuvholmen (stasjon 1)

Stasjonen ligger på nordsiden av Indre Tjuvholmen, og vender mot Husebysanden og utslippet. Stasjonen hadde et bredere utvalg av arter i strandsonen enn Storskjær. Stasjonen var imidlertid preget av små buskformete blågrønnalger (*Oscillatoria*) og tarmgrønske i vannskorpen. På litt dypere vann dominerende sagtang (*Fucus serratus*), og fingertare (*Laminaria digitata*). Vanlige arter i undervegetasjonen og som påvekst på tang var sjøris (*Ahnfeltia plicata*), rekeklo (*Ceramium nodulosum*), vorteflik, krusblekke og mosdyr (*Membranipora membranacea*). Resultatene tyder på at det er blitt noe mer sagtang og fingertare, og mindre grønnalger enn i 1995 og tidligere år. Det har også blitt mindre rekeklo (*Ceramium rubrum*) og brunsl (Ectocarpus sp) siden 1995 (Tabell 4).



Figur 11. Bilder fra stasjonen på Indre Tjuvholmen. Bildet til venstre viser tang og tarmgrønske i øvre del av strandsonen. Bildet til høyre viser undervegetasjon under taren med bl.a. havsalat, rekeklo og vorteflik.

Ytre Tjuvholmen (stasjon 3)

Stasjonen er plassert på sydsiden av Ytre Tjuvholmen og er eksponert for bølgeslag. Det ble registrert rike tang- og tareforekomster ved stasjonen. De mest dominerende tang- og tareartene var fingertare og sagtang. Andre tangarter som vokste på stasjonen var blæretang (*Fucus vesiculosus*), skolmetang (*Halidrys siliquosa*) og sukkertare (*Laminaria saccharina*). Vanlige arter i undervegetasjonen var krasing (*Corallina officinalis*), rugl, fjæreblood (*Hildenbrandia rubra*), vanlig grønndusk (*Cladophora rupestris*), tarmgrønske, brødsvamp (*Halichondria panicea*) og mosdyr. Stasjonen gav inntrykk av friske forhold. Det ble registrert noe mindre rekeklo, vorteflik og blæretang siden 1995 og noe mer krasing og sukkertare. Endringene er små, og viser ingen klar trend i utviklingen.



Figur 12. Bilder fra stasjonen på Ytre Tjuvholmen. Bildet til venstre viser fjærehinne på stein over tangvegetasjonen. Bildet til høyre viser tett tarevegetasjon med enkelte eksemplarer av sagtang og skolmetang.

Haugestranda (stasjon 6)

Stasjonen ligger på motsatt side av utslippet i Husebybukta, på utsiden av en steinmolo. Stasjonen var dominert av fingertare og sagtang samt mange små arter som vokste innimellom disse to strukturerende artene. De mest vanlige av disse småvokste algene var sjøris, krusflik (*Chondrus crispus*), rugl, krusblekke og havsalat.

Det ble registrert mindre opportunistiske brunalger og grønналger på stasjonen enn i 1995, men også mindre av enkelte rødalger. Som for stasjonen på Ytre Tjuvholmen kan det ikke ses noen entydig utvikling siden 1995.



Figur 13. Bilder fra stasjonen på Haugestranda. Bildet til venstre viser fingertare med undervegetasjon av bl.a. krusflik, krusblekke og havsalat. Bildet til høyre viser tett tarevegetasjon med enkelte sagtang-planter innimellom.

Tabell 4. Forekomst av utvalgte arter registrert i Husebybukta 30.- 31. august 1995 og 30. august 1999. Tegnforklaringer: d = dominerende, v = vanlig, s = spredt, e = enkeltfunn, * = kun identifisert i mikroskop.

	Storskjær		I.Tjuvholm		Y. Tjuvholm		Haugestr.	
	St. 4		St. 1		St. 3		St. 6	
	1995	1999	1995	1999	1995	1999	1995	1999
Rødalger								
<i>Ahnfeltia plicata</i>	-	-	s	s-v	s	e	d	s-v
<i>Audouinella</i> spp.	s	*	-	-	s		s	s
<i>Ceramium nodulosum</i>	e	*	v-d	s-v	v-d	*	s	s
<i>Chondrus crispus</i>	-	-	v	v	-	s	d	v
<i>Corallina officinalis</i>	-	-	-	-	s	v	-	s
<i>Corallinaceae</i>	-	v	-	-	d	d	v-d	s-v
<i>Hildenbrandia rubra</i>	s	s	-	s	d	v	s	v
<i>Mastocarpus stellata</i>	v	s-v	s	s-v	v-d	s-v	d	s
<i>Phyllophora pseudocer.</i>	-	s	-	s-v	-	-	s	s-v
<i>Porphyra umbilicalis</i>	-	v-d	v	s	v	v	v	s
Brunalger								
<i>Ectocarpus</i> spp.	v	*	d	-	s	-	d	s
<i>Fucus serratus</i>	-	e	s	v	d	d	s	v-d
<i>Fucus vesiculosus</i>	-	-	s	s	v	s	-	-
<i>Halidrys siliquosa</i>	-	-	-	-	e	e	-	-
<i>Laminaria digitata</i>	-	-	v	d	d	d	d	d
<i>Laminaria saccharina</i>	-	-	-	s	-	e-s	-	s
Grønnalger								
<i>Blidingia minima</i>	s	-	-	-	s	-	s	-
<i>Chaetomorpha melagonium</i>	-	-	-	-	-	*	e	-
<i>Cladophora rupestris</i>	s	e	d	s	v	v	d	s
<i>Enteromorpha</i> spp.	d	v	d	v	v	s-v	v	s
<i>Ulva lactuca</i>	v	s-v	d	s	s	s	v	s-v
Fjæredyr								
<i>Electra pilosa</i>	-	-	s	s	s	s	-	s
<i>Halichondria panicea</i>	-	-	-	*	-	s-v	-	s
<i>Dynamena</i> sp.	-	-	s	s	v	-	-	-
<i>Littorina littorea</i>	-	s	-	e	s	s	-	e
<i>Littorina saxatilis</i>	s	s	s	s	d	s	-	-
<i>Membranipora membranacea</i>	-	-	s	v	v	s-v	s	s
<i>Mytilus edulis</i>	-	s	-	-	-	-	-	-
<i>Patella vulgata</i>	-	s-v	-	-	v	v	-	-
<i>Spirorbis</i> sp.	-	-	-	-	s	e-s	-	-
Trådformet blågrønnalger	d	s	s-v	v-d	-	-	-	s
cf. <i>Oscillatoria</i>								

3.3.2 Artsantall, diversitet og fordeling mellom algeklasser

Storskjær (stasjon 4)

Av de fire undersøkte stasjonene hadde Storskjær lavest artsantall, lavest diversitet og høyest dominansindeks (**Figur 14**). Resultatene viser at stasjonen fremdeles har et fattig organismsamfunn. Dette er forventet pga. stasjonens beliggenhet. Sammenlignet med resultater fra 1995 har antall arter og diversiteten økt, og gir inntrykk av en positiv utvikling. Samtidig har dominansverdien økt, og viser at utviklingen ikke er entydig positiv. Høy dominansindeks tyder på at en eller få arter dominerer samfunnsstrukturen. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger viste en skjev fordeling med høy andel rødalger og noe lav andel brunalger. Andelen grønnalger var redusert i forhold til 1995, mens andelen rødalger var økt (**Figur 15**).

Indre Tjuvholmen (stasjon 1)

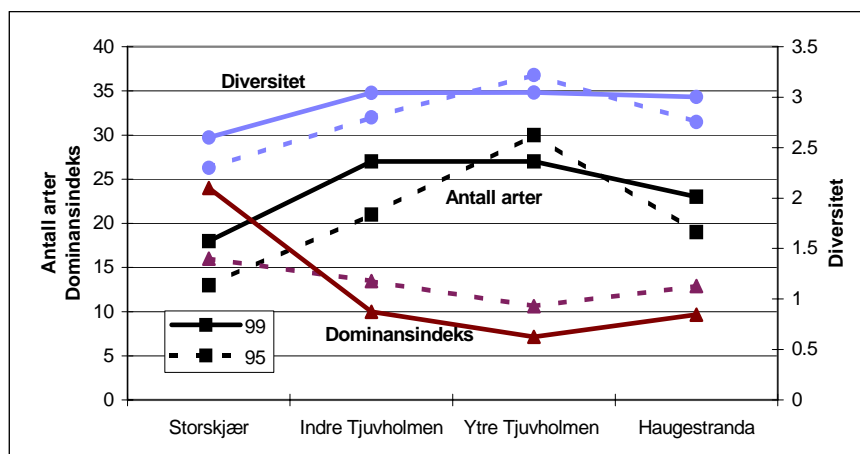
Sammen med Ytre Tjuvholmen hadde Indre Tjuvholmen det høyeste artsantallet i 1999. Stasjonen hadde også høy diversitet og relativt lav dominans. Sammenlignet med 1995 tyder resultatene på at antall arter og diversitet har økt noe på Indre Tjuvholmen, og dominansen er redusert. Dette kan tyde på en positiv utvikling. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger viste en noe skjev fordeling med høy andel rødalger. Andelen rødalger var økt siden 1995, mens andelen brunalger var redusert.

Ytre Tjuvholmen (stasjon 3)

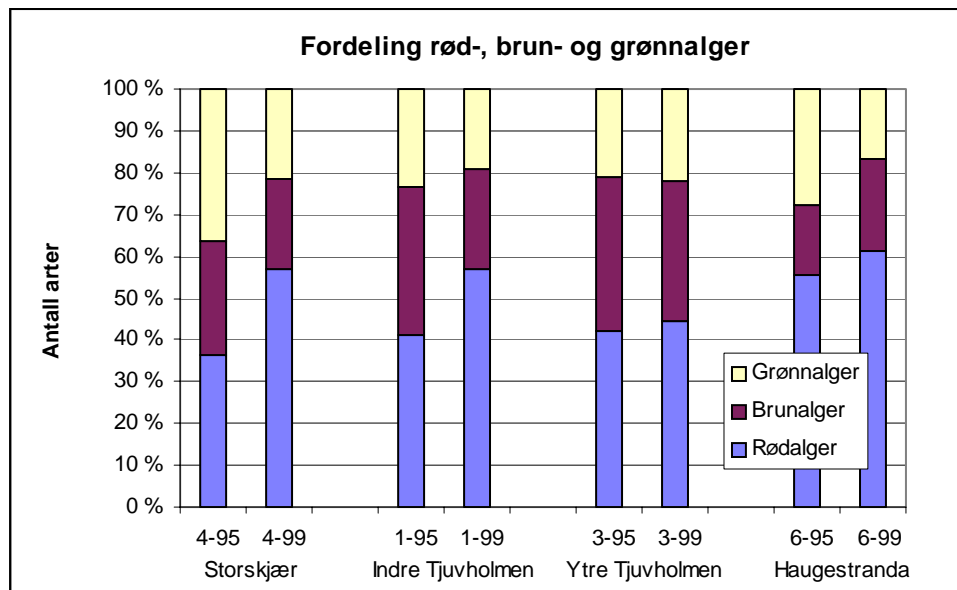
Ytre Tjuvholmen hadde høyt artsantall, diversitet og lav dominansindeks. Dette tyder på gode forhold. I motsetning til de øvrige stasjonene var imidlertid artsantall og diversitet noe lavere enn i 1995. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger var stort sett innenfor normalintervallene, og det var svært liten forskjell fra fordelingen i 1995.

Haugestranda (stasjon 6)

Stasjonen hadde noe lavere artsantall enn stasjonene på Tjuvholmen, men hadde høy diversitet. Sammenlignet med 1995 viste resultatene en liten endring til det positive. Fordelingen mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger viste en noe skjev fordeling med høy andel rødalger. Andelen grønnalger var redusert i forhold til 1995.



Figur 14. Artsantall, diversitet og dominansindeks på 4 stasjoner i Husebybukta i 1995 og 1999.



Figur 15. Fordeling mellom antall rødalger, brunalger og grønnalger på 4 stasjoner i Husebybukta i 1995 og 1999.

3.3.3 Endringer i perioden 1970-1999

Artsantall, diversitet og dominans

Sammenligning mellom de ulike undersøkelsene er gjort på basis av data om fastsittende alger og fastsittende/lite mobile dyr. Blågrønne bakterier og lav er ikke tatt med i denne sammenheng. Fra 1980 til 1999 er samme registreringsmetode benyttet, mens det er benyttet en noe annen metode i perioden før 1980. Det er derfor lagt hovedvekt på årene 1980 til 1999 i vurderingen av utviklingstrender. Forekomst av utvalgte arter fra 1970 – 1999 er vist i Vedleggstabell B2.

Fra 1970 til 1974 var artsantallet lavt, og det var liten forskjell i både artsantall og diversitet mellom stasjonene (**Figur 16**). Fra 1980 til 1986/87 ble det registrert en økning i antall arter og diversitet på flere stasjoner, selv om de samme registreringsmetodene ble benyttet (fridykking). Årsaken til økningen i artsantall er ikke kjent. Regresjonsanalyse av dataene viser at økningen var signifikant (95 % konfidensintervall) på Indre og Ytre Tjuvholmen, mens det ikke har vært en signifikant økning på Haugestranda og Storskjær (Jacobsen et al. 1996). Ser man utelukkende på de fastsittende algene, har det kun vært signifikant økning på Indre Tjuvholmen. Reduksjoner i utslipp av PAH startet først i 1990, og det er derfor uvisst hva som er årsaken til økningen i antall arter fra 1980 til 1989.

Figur 16 viser samtidig at det er registrert flest arter på Ytre Tjuvholmen i hele undersøkelsesperioden, og færrest arter på Storskjær. Dominansindeksen viser størst forskjell mellom stasjonene. På Ytre Tjuvholmen er dominansindeksen jevnt lav for hele perioden, mens den varierer kraftig på Storskjær. Dette reflekterer de skiftende fysiske forholdene på Storskjær.

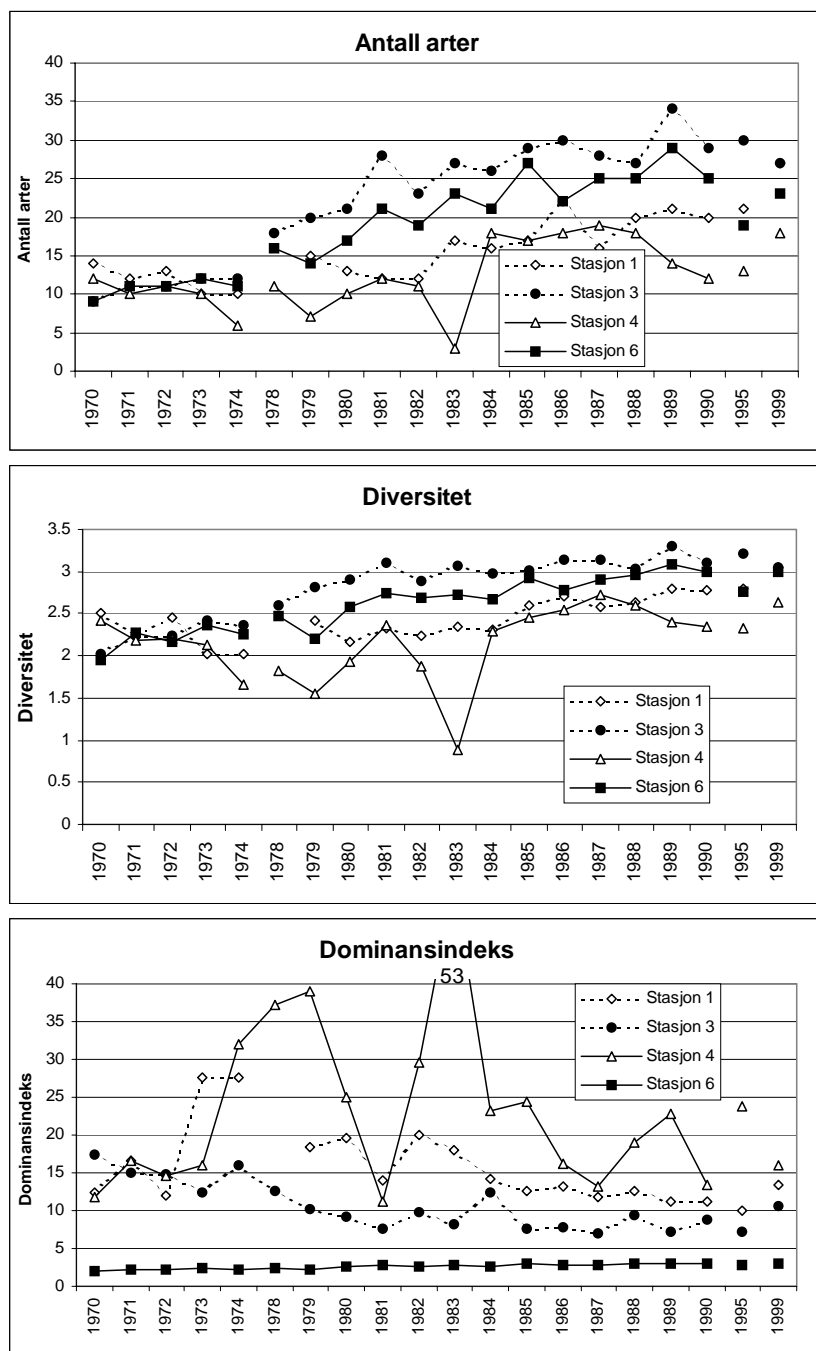
Artssammensetning

Det har vært forholdsvis store forskjeller i artssammensetning og forekomst av de enkelte artene på stasjonene fra 1970 og frem til i dag (Vedleggstabell B2). Som et hjelpemiddel for å tolke trendene i dette datasettet, er det benyttet en korrespondansanalyse (CANOCO). Forenklet sagt søker metoden å finne hovedtrenden i datamaterialet. Dette representeres av uavhengige akser. Akse 1 angir dermed hovedtrenden i datamaterialet, akse 2 den nest viktigste trenden osv. I analyseplottet er stasjoner

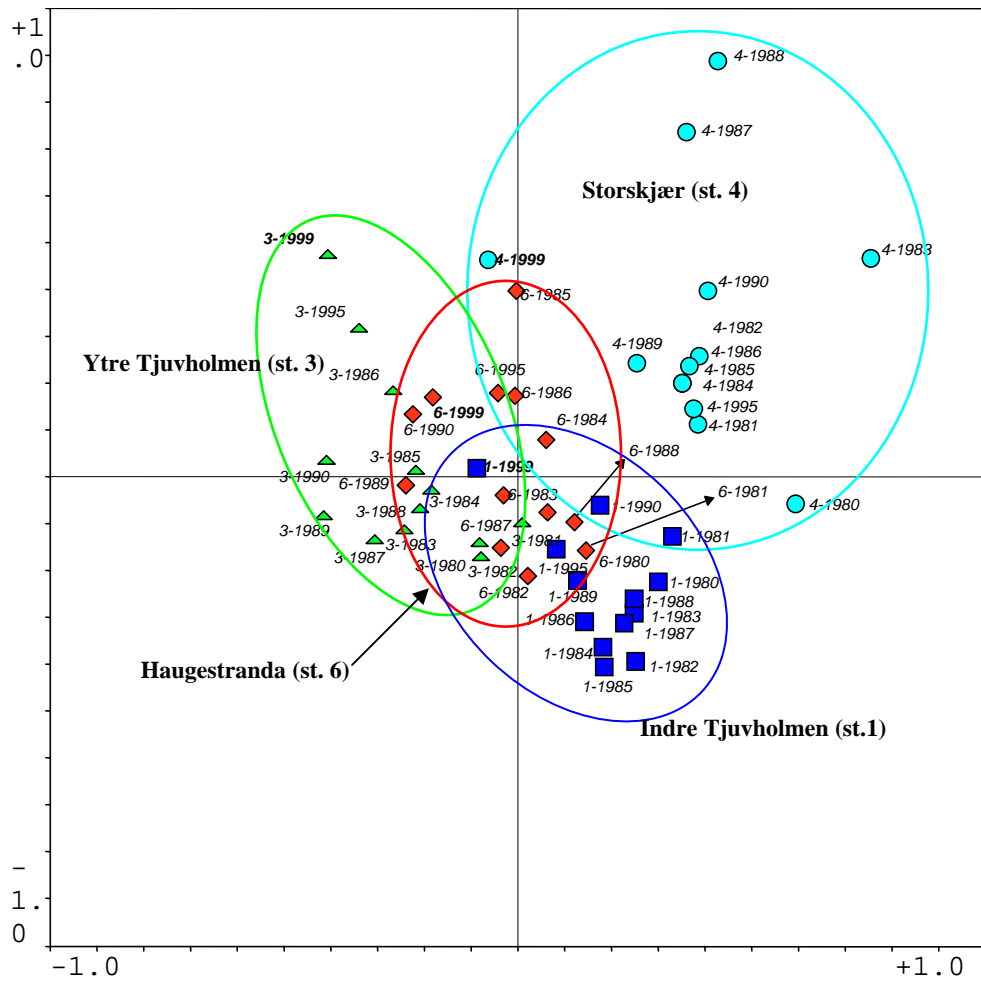
representert med punkter. Punkter som plasseres nær hverandre har stor innbyrdes likhet (i artssammensetning).

Figur 17 viser korrespondansanalyse av data fra 1980 – 1999 for alle fire stasjonene. Figuren viser hvordan artssamfunnet på Storskjær skiller seg fra de øvrige stasjonene, og at året 1999 skiller seg klart ut fra de øvrige årene på denne stasjonen. I 1999 ble arter som rugl, krusblekke, blåskjell og albuesnegl registret for første gang på mange år. Samtidig er forekomstene av fingertare forsvunnet fra stasjonen (Vedleggstabell B2). Også på Indre Tjuvholmen skiller 1999 seg fra de øvrige årene (**Figur 17**). Artslistene viser at for første gang på mange år er ikke den opportunistiske arten brunsli (*Ectocarpus*) registrert på stasjonen. Samtidig har bl.a. sagtang og fingertare økt sin forekomst. På Ytre Tjuvholmen skiller både 1995 og 1999 seg fra de øvrige årene, mens det ikke er like tydelig mønster for Haugestranda (**Figur 17**). På Ytre Tjuvholmen har bl.a. rugl økt sin forekomst mens det har blitt mindre rekeklo, brunsli, tarmgrønske og havsalat enn i 1990 og 1995.

For alle stasjonene viser artslistene store variasjoner over årene. Forskjellene har også vært store før utslippsreduksjonene startet, og tyder på at strandsamfunnet er noe ustabilt. Det må derfor tas hensyn til den store variasjonen ved tolking av mulige utviklingstrender.



Figur 16. Antall arter, diversitet og dominans på Indre Tjuvholmen (stasjon 1), Ytre Tjuvholmen (stasjon 3), Storskjær (stasjon 4), og Haugestranda (stasjon 6) i Husebybukta i perioden 1970-1999.



Figur 17. Kanonisk korrespondansanalyse av strandsonedata fra Indre Tjuvholmen (st. 1), Ytre Tjuvholmen (st. 3), Storskjær (st. 4) og Haugestranda (st. 6). Data fra 1980-1999. Hvert punkt i figuren representerer en registrering og er markert med både stasjonsnummer og årstall. Analysen er basert på artssammensetning og stasjoner som plasseres nær hverandre har stor innbyrdes likhet.

4. Referanser

Bokn, T. 1978. Klasser av fastsittende alger brukt som indikatorer på eutrofiering i estuarine og marine vannmasser. NIVA Årbok 1978: 53-59.

IARC 1987. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monograph Volumes 1-42. Supp. 7. International Agency for Research on Cancer, Lyon, Frankrike.

Jacobsen, T., Næs, K.; Opdal, K. (Teknometri as). 1996. Overvåking av resipienten til Elkem Aluminium Lista ANS. 1995. NIVA-rapport OR-3474. 40 sider.

Knutzen, J. 1973. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1971/73. NIVA-rapport O-19/68 (II).

Knutzen, J. 1979. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1975 - 1978. NIVA-rapport O-68019 (IV). L.nr. 1134, 28s.

Knutzen, J. 1981. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1979 - 1980. NIVA-rapport O-68019 (V). L.nr. 1219, 21s.

Knutzen, J. 1983. Utslipp fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1981 - 1982. NIVA-rapport O-68019 (VI). L.nr. 1530, 23s.

Knutzen, J. 1985. Utslipp fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1983 - 1984. NIVA-rapport O-68019 (VII). L.nr. 1750, 25s.

Knutzen, J. 1987a. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1985 - 1986. NIVA-rapport O-68019 (VIII). L.nr. 1998, 27s.

Knutzen, J. 1987b. Orienterende undersøkelser 1986 av PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre og taskekrabbe fra resipientområdet til Lista Aluminiumsverk og referansestasjoner. NIVA-rapport O-68019. L.nr. 2007, 21s.

Knutzen, J. 1989. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1987 - 1988 med tillegg av analyse av PAH i krabber. NIVA-rapport O-68019. L.nr. 2270, 32s.

Knutzen, J. 1991. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelse 1989-1990. NIVA rapport O - 68019. L.nr.2615.

Knutzen, J. og R.T. Arnesen, 1975. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1973/74. NIVA-rapport O-19/68 (III). 48s.

Knutzen, J. og J. Rueness, 1972. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Undersøkelser av biologiske forhold ved Husebysanden 1970-71. NIVA-rapport O-19/68 (I). 25s.

Næs, K., J. Knutzen, L. Berglind 1995. Occurrence of PAH in marine organisms and sediments from smelter discharge in Norway. Sci. Total Environ. 163, 93-106.

Næs, K., J. Axelman, C. Näf, D. Broman 1998. Role of soot carbon and other carbon matrices in the distribution of PAH among particles, DOC, and the dissolved phase in the effluent and recipient waters of an aluminium reduction plant. *Environ. Sci. Technol.* 32, 1786-1792.

Shannon, C. E. & Weaver, W. 1963. *The mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.

Shaw, K.M., Lamshead, P.J.D., Platt, H.M., 1983. Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special reference to nematodes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 11, 195-202.

Vedlegg A. PAH i strandsnegl

Vedleggstabell A1. Analyseresultater 1999

ANALYSE RAPPORT Interne saksbehandlere

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m rapporteringsdato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Rekvisisjonsnr : 1999-02202 Mottatt dato : 19990929 Godkjent av : KAS Godkjent dato: 19991027

Prosjektnr : O 99114

Kunde/Stikkord : LISTA

Kontaktp./Saksbeh. : TON

Rapportert: 27.10.1999

Analysevariabel		TTS/%		NAP-B		NAP2M-B		NAP1M-B		BIPN-B		NAPDI-B		ACNLE-B		ACNE-B		NAPTM-B		FLE-B	
Enhet ==>	Metode ==>	B 3	%	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	
PrNr	PrDato Merking																				
1	990716 St. 2 Haugestranda	22.9		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	29		<0.5		<0.5	16	
2	990716 St. 1 Ytre Tjuvholmen	23.8		<0.5	6.5	1.7	1.8	1.5						2	181		<0.5		<0.5	18	
3	990830 St. 1 Haugestranda Ytre Tjuv.	27.1		<0.5	3.2	1.8	1.2	2						2.8	159		4.2		44		
4	990830 St. 2 Haugestranda	25.5		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.2	40		<0.5		15		
5	990830 St. 3 Havik	25.4		<0.5	0.5				<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	m		<0.5		1.1		
6	990830 St. 4 Litlerauna	24.4		1.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.6		0.6		0.5		

Analysevariabel		PA-B		ANT-B		PAM1-B		FLU-B		PYR-B		BAA-B		CHRT-R-B		BBJKF-B		BEP-B		BAP-B	
Enhet ==>	Metode ==>	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	
PrNr	PrDato Merking																				
1	990716 St. 2 Haugestranda	248		21	49	1365	581	145	696							370		189		~39	
2	990716 St. 1 Ytre Tjuvholmen	202		29	39	913	404	128	522							357		182		~44	
3	990830 St. 1 Haugestranda Ytre Tjuv.	241		42	43	1330	657	195	686							534		241		~86	
4	990830 St. 2 Haugestranda	133		22	35	1130	618	276	1090							760		312		~90	
5	990830 St. 3 Havik	14		1.7	1	20	4.8	5.7	12.8							5.6		2.8		0.7	
6	990830 St. 4 Litlerauna	4.3		<0.5	<0.5	3.8	0.9	0.7	1.5							0.5		<0.5		<0.5	

Analysevariabel		PER-B		ICDP-B		DBA3A-B		BGHIP-B		Sum PAH		Sum KEAH (*)		Sum NPD (**)	
Enhet ==>	Metode ==>	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4
PrNr	PrDato Merking									Beregnet*	Beregnet*	Beregnet*	Beregnet*	Beregnet*	Beregnet*
1	990716 St. 2 Haugestranda	5.6		38	11	39	3842.6	603	297						
2	990716 St. 1 Ytre Tjuvholmen	6.2		84	20	74	3216.7	633	250.7						
3	990830 St. 1 Haugestranda Ytre Tjuv.	13		112	24	101	4523.2	951	295.2						
4	990830 St. 2 Haugestranda	11		92	27	86	4738.2	1245	168						
5	990830 St. 3 Havik	<0.5		1.4	<0.5	0.9	73	13.4	15.5						
6	990830 St. 4 Litlerauna	<0.5		<0.5	<0.5	<0.5	16.9	1.2	6.4						

* Analysemetoden er ikke akkreditert.
m Analyseresultatet mangler. Se kommentar nedenfor.

m = markert dupp

ANAL YSERAPPORT Interne saksbehandlere

OBS!! Klagefrist 14 dager f.o.m rapporteringsdato. Oppgi rekvisisjonsnr og PrNr.

Rekvisisjonsnr : 1999-02780 Mottatt dato : 19991124 Godkjent av : KAS Godkjent dato: 20000106
Prosjektnr : O 99114
Kunde/Stikkord : LISTA
Kontaktp./Saksbeh. : TON

Rapportert: 07.01.2000

Mottatt dato: 11-00
Sørlandsavd.

Analysevariabel		TTS/%		NAP-B		NAP2M-B		NAP1M-B		BIPN-B		NAPDI-B		ACNLE-B		ACNE-B		NAPTM-B		FLE-B	
Enhet ==>	Metode ==>	%	B 3	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	
PrNr	PrDato	Merkning																			
1	St. 1 Ytre Tjuvholmen Okt.99	24.5	8	12	8	2	13	5	212	5	134										
2	St. 2 Haugestranda Okt.99	24.0	25	50	23	6	30	9	346	4	232										
3	St. 1 Ytre Tjuvholmen Nov.99	25.8	5	8	3	2	3	3	150	<1	68										
4	St. 2 Haugestranda Nov.99	23.8	18	30	12	5	10	12	325	2	180										
5	St. 3 Havik Nov.99	24.5	1	<1	<1	<1	<1	<1	20	1	6										
6	St. 4 Litlerauna Nov.99	24.9	1	<1	<1	<1	<1	<1	7	<1	3										

Analysevariabel		PA-B		ANT-B		PAMI-B		FLU-B		PYR-B		BAA-B		CHTR-B		BBJKE-B		BEP-B		BAP-B	
Enhet	==>	µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.		µg/kg v.v.	
Metode	==>	H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4		H 2-4	
PrNr	PrDato	Merkning																			
1	St. 1 Ytre Tjuvholmen Okt.99	641		99		90		1760		1078		354		793		740		385		136	
2	St. 2 Haugestranda Okt.99	1800		307		353		9730		5500		1530		2400		1600		690		210	
3	St. 1 Ytre Tjuvholmen Nov.99	430		90		65		2140		1200		270		900		600		300		70	
4	St. 2 Haugestranda Nov.99	1100		190		170		5350		2830		850		1600		850		450		90	
5	St. 3 Havik Nov.99	36		5		2		70		40		14		33		33		12		4	
6	St. 4 Litlerauna Nov.99	16		<1		1		23		13		3		7		5		2		<1	

Analysevariabel		PER-B		ICDP-B		DBA3A-B		BGHIP-B		Sum PAH		Sum KPAH		Sum NPD	
Enhet ==>	Metode ==>	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	µg/kg v.v. H 2-4	Beregnet*	µg/kg v.v. H 2-4	Beregnet*	µg/kg v.v. H 2-4	Beregnet*	µg/kg v.v. H 2-4
PrNr	PrDato	Merkning													
1	St. 1 Ytre Tjuvholmen Okt.99	31	131	47	170	6854	1408	777							
2	St. 2 Haugestranda Okt.99	90	370	120	400	25825	3830	2285							
3	St. 1 Ytre Tjuvholmen Nov.99	13	71	22	81	6494	1033	514							
4	St. 2 Haugestranda Nov.99	60	350	110	380	14974	2250	1342							
5	St. 3 Havik Nov.99	1	8	2	8	296	61	40							
6	St. 4 Litlerauna Nov.99	<1	2	<1	1	84	10	18							

* Analysemetoden er ikke akkreditert.

Vedleggstabell A2. Sum PAH ($\mu\text{g/kg}$ tørrvekt) i strandsnegl fra fire stasjoner på Lista 1985-1999. Utvalgte data fra 1985 – 1999.

Stasjons- navn	st.nr	Avstand til utslipp (km)	År	Juni	Juli	$\mu\text{g/kg}$ August	September	November
Y. Tjuvholm	1	0.5	1985				71300	
Y. Tjuvholm	1	0.5	1986				43000	
Y. Tjuvholm	1	0.5	1987				157246	
Y. Tjuvholm	1	0.5	1988				277529	
Y. Tjuvholm	1	0.5	1989				81251	
Y. Tjuvholm	1	0.5	1990				119753	
Y. Tjuvholm	1	0.5	1995	69905		43564		57419
Y. Tjuvholm	1	0.5	1996		5990		4325	15196
Y. Tjuvholm	1	0.5	1997	15084	9279	14286	26224	27029
Y. Tjuvholm	1	0.5	1998	6351	9334	11834	8372	11008
Y. Tjuvholm	1	0.5	1999		13513	16690	27975	25171
Haugestr.	2	0.75	1995	28222		25257		60030
Haugestr.	2	0.75	1999		16773	18581		62916
Havik	3	3	1985				1100	
Havik	3	3	1986				800	
Havik	3	3	1988				4100	
Havik	3	3	1995	717		233		1080
Havik	3	3	1999			287		1208
Litlerauna	4	10	1985				800	
Litlerauna	4	10	1986				3600	
Litlerauna	4	10	1987				550	
Litlerauna	4	10	1988				1200	
Litlerauna	4	10	1989				356	
Litlerauna	4	10	1990				397	
Litlerauna	4	10	1995	229		104		246
Litlerauna	4	10	1999			69		337

Analysemetoder

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
H 2-4	Polyaromatiske hydrokarboner	µg/kg	PAH-B
Tittel: Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i biologisk materiale.			
Anvendelsesområde: Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i biologisk materiale fra det vandige miljø som fisk, muslinger og krabbe. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden.			
Prinsipp: Prøvene tilsettes indre standarder. Biologisk materiale forsåpes først med KOH/metanol. Deretter ekstraheres PAH med pentan. Ekstraktene gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylloner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.			
Instrument(er): Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm.			
Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
Referanser: Grimmer, G. og Bøhnke, H., 1975. Jour. of the AOAC, Vol. 58, No. 4.			

Vedlegg B. Strandsoneundersøkelse

*Vedleggstabell B1. Artsliste med forekomstangivelser for strandsoneorganismer registrert i 1999.
Mengdeangivelse er gitt etter skalaen: 4= dominerende, 3 = vanlig, 2= spredt, 1= enkeltfunn*

(se neste side)

Prosjektnummer: O-99114

Fylke: Vest-Agder

Dato: 30. august 1999

Prosjektnavn: LISTA

Kommune: Farsund

Stasjonsnummer	1	3	4	6
Stasjonsnavn	I.Tjuvholm	Y. Tjuvholm	Storskjær	Haugestranda
Nordlig koordinat	58'4.00	58'3.95	58'4.20	58'4.05
Østlig koordinat	6'46.60	6'46.60	6.46.50	6.46.05
Eksponeringsgrad*	1	3	2	2
Bunntype**	F, SS	F	F	F, SS
Helningsvinkel, < 30, 30-70, > 70	30-70	30-70	30-70	30-70
Himmelretning (N, Ø, S, V)	N	S	S	Ø

* Eksponeringsgrad: 1 (svak) - 3 (sterk)

** Bunntype: F= fjell, SS= stein store, SM = stein små, SA= sand/skjell

Mengdeangivelser: 5= dominerende, 4= hyppig, 3= vanlig, 2= sparsom, 1= sjelden, + = forekommer

	St. 1	St. 3	St. 4	St. 6
Cyanophyceae (blågrønne alger)				
Calothrix.	2	3	3	
cf. Oscillatoria	3.5		2	2
Rhodophyceae (rødalger)				
Ahnfeltia plicata	2.5	2		2.5
Audouiniella sp.			0.5	2
Ceramium nodulosum	2.5	0.5	0.5	2
Ceramium sp.	0.5			
Chondrus crispus	3	2		3
Corallina officinalis		3		2
Corallinaceae		4	3	2.5
Cruoria pellita	0.5			1
Hildenbrandia rubra	2	3	2	3
Osmundia truncata (Laurentia pinnatifida)	1			
Mastocarpus stellata	2.5	2.5	2.5	2
Phyllophora pseudoceranoides	2.5		2	2.5
Polyides rotundus	0.5			
Polysiphonia elongata	0.5			
Porpyra sp.			0.5	
Porpyra umbilicalis	2	3	3.5	2
Phaeophyceae (Brunalger)				
Ectocarpus fasciculatus			0.5	
Elachista fucicola	0.5	0.5		
Fucus serratus	3	4	1	3.5
Fucus vesiculosus	2	2		
Halidrys siliquosa		1		
Laminaria digitata	4	4		4
Laminaria juv.		2		
Laminaria saccharina	2	1.5		2
Sphacelaria cirrosa			0.5	
Chlorophyceae (Grønnalger)				
Chaetomorpha sp.	0.5			
Chaetomorpha melagonium		0.5		
Cladophora rupestris	2	3	1	2
Enteromorpha cf. flexulosa	2	2.5	2.5	
Enteromorpha intestinalis			0.5	
Enteromorpha spp.	3	2	3	2
Ulva lactuca	2	2	2.5	2.5
Fauna (Fjæredyr)				
Actinide indet.		1		2
Asterias rubens		2		
Dynamena sp.	2			
Electra pilosa	2	2		2
Halichondria panicea	0.5	2.5		2
Isopoda			0.5	
Amphipoda			0.5	
Littorina littorea	1	2	2	1
Littorina saxatilis	2	2	2	
Membranipora membranacea	3	3		2
Patella vulgata		2	2.5	

Vedleggstabell B2. Forekomst av utvalgte arter/artsgrupper i perioden 1970-1999.

Mengdeangivelse er gitt etter skalaen: 16= dominerende, 8 = vanlig, 4= spredt, 2= enkeltfunn, 1= forekommer

	Stasjon 1 Indre Tjuvholmen																			
	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999
Max forekomst blågrønnbakterier				4	2		16	16	16	16	12	6	12	12	12	12	12	16	12	12
Rødalger																				
Ahnfeltia plicata							6	8	4	6	8	2	2	2	2	2	8	8	4	6
Audouiniella spp. (Acrochaetium)							6	1	8		1	1	4	1	8	8	8	6		
Bonnemaïsonia hamifera: sporp.							6	8	12	8	8	16	16	12	8	8	12	4	8	
Ceramium rubrum							6	4			4	1	16	12	12	12	12	16	12	6
Ceramium sp.	2	8	8	2	2		0.5				1	1	4	4	4	4	4			1
Chondrus crispus	8				8			4	2	4	1	4	6	6	8	4	12	8	8	8
Corallina officinalis	8	2																		
Corallinaceae (Phymatolithon)									6	4										
Hildenbrandia rubra	8	8	8	8	2													2		4
Mastocarpus stellata	8		16				6	4	4	1	1	1	1	4		2	1	6	4	2.5
Phyllophora pseudoceranoides										1		6								2.5
Polysiphonia sp.																				1
Porpyra umbilicalis	4		4				4					2					2	1	8	4
Brunalger																				
Ascophyllum nodosum	16	16	16	8	8		2	2		4										
Ectocarpales spp.							1		16		8	16	12	16	16	16	12	12	16	
Fucus serratus	16	2	16	2	2									1	2	2	6	6	4	8
Fucus spiralis	8	8	8	2																
Fucus vesiculosus	8	8	8	2	8											1	2	2	4	4
Laminaria digitata	16	2	8				4				1	1	6	6	6	4	8	8	8	16
Grønnalger																				
Blidingia minima																				
Bryopsis plumosa																				
Cladophora rupestris							8	16	16	8	16	16	8	6	12	12	4	12	16	4
Enteromorpha spp.		16	16	16	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8
Ulothrix/Urospora							1			16	1		6	1	8	8		1		
Ulva lactuca	8	16	16	8	2		16	16	16	8	8	16	12	6	16	16	16	16	16	4
Fjæredyr																				
Balanus sp.																	2			
Cancer pagurus																				
Carcinus maenas											1			1	1	1	6	8		
Bryozoa																		8	4	8
Hydroider																			4	4
Littorina spp.	16	8	8	8	8		4	1	6	4	12	12	8	12	12	8	4	4	4	4
Mytilus edulis																				
Patella vulgata	4	2	2		2															

	Stasjon 3 Ytre Tjuvholmen																				
	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999	
MAX CYANOPHYCEA				2		8	16	8	12	16	6	1	8	12	12	8	12	16	16	8	
Rødalger																					
Ahnfeltia plicata						1	6	8	6	6	8	1	8	6	8	8	8	4	4	4	
Audouiniella spp. (Acrochaetium)						1	8		6	4	1	1	1	1	1		4		4		
Bonnemaïsonia hamifera: sporp.							1	8	16	16	6	4	1	1	12	4	8				
Ceramium rubrum						8	1	8	8	8	16	8	12	16	8	12	12	8	12	1	
Ceramium sp.		8	2	8	16				1		1	1									
Chondrus crispus					2		1	8	1	8	8	8	1	2	8	8	8	4		4	
Corallina officinalis	16		8	8	8	4		2	4	4	1			2			6	6	4	8	
Corallinaceae (Phymatolithon)	8	2		8	8			1			6	6	6	2	8	4	1	1	12	16	
Hildenbrandia rubra	16	16	16	8	8		8	8	8	4	8	8	8	8		8	6	8	16	8	
Mastocarpus stellata								4	8	1		4	8	6		4			12	6	
Phyllophora pseudoceranoides										1	6		2	2	4	4	8	4			
Polysiphonia sp.						1										1	1	1			
Porpyra umbilicalis	16	16	8	8	8		12	8	8	4	2	6	4	8	6		6	4	8	8	
Brunalger																					
Ascophyllum nodosum		8	16	8	16	8	6	6	4		6	4	4	4	4	4	6	2			
Ectocarpales spp.						1	8		8		8	8	8	8	16	8	12	12	4		
Fucus serratus	8	8	16	16	8	8	16	8	8	16	16	16	16	16	16	12	12	16	16	16	
Fucus spiralis							8	2							6		2		4		
Fucus vesiculosus	2	8	8	8	2	8			8	6	8	8	12	12	16	12	16	12	8	4	
Laminaria digitata						12	12	8	8	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
Grønnalger																					
Blidingia minima														4	8			4	4		
Bryopsis plumosa																					
Cladophora rupestris						6	12	16	16	8	8	8	12	8	16	6	12	8	8	8	
Enteromorpha spp.	2	2	8	16	8	8	12	16	16	16	16	16	16	16	12	16	8	16	8	6	
Ulothrix/Urospora							1	8	8	8	1		1	1	4	1		4			
Ulva lactuca		16	2	16			12	16	16	16	8	12	16	8	16	6	8	8	4	4	
Fjæredyr																					
Balanus sp.											8	4		4	6		6				
Cancer pagurus																			2		
Carcinus maenas													1			1	8	1			
Bryozoa													1	1			1	1	8	8	
Hydroider																			8		
Littorina spp.	8	6	8	8	8	12	8	16	16	8	12	12	16	16	8	8	4	8	16	4	
Mytilus edulis													1				2				
Patella vulgata	16	16	16	16	8	8	12	8	8	4	4	1	2	4	2				8	4	

Stasjon 4 Storeskjær																				
	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999
MAX CYANOPHYCEA				16		16	16	16	12	8	16	8	8	16	12	12	12	16	16	4
Rødalger																				
Ahnfeltia plicata						1						1								
Audouiniella spp. (Acrochaetium)									8	4	8	8	6	8	8	8	4	8	4	1
Bonnemaisonia hamifera: sporp.						1		1	8			1	6	1	2	2				
Ceramium rubrum												1	6	6	8	4	4	4	2	1
Ceramium sp.	8	8		16																
Chondrus crispus	8		2		2								2	2	2	2				
Corallina officinalis	8	2	2															1		
Corallinaceae (Phymatolithon)	8	8	8	8	8				8	6										8
Hildenbrandia rubra	16	6	16	8		1		1				6	1	4			1		4	4
Mastocarpus stellata	16	8	16	16	16	8	8	6	8	3		6	4	6	8	8	6	8	8	8
Phyllophora pseudoceranoides																				4
Polysiphonia sp.																	1			
Porpyra umbilicalis	16	16	16	8					4			1	2		6		2	4		12
Brunalger																				
Ascophyllum nodosum																				
Ectocarpales spp.								1	4	1		1	6	16	4	6			8	1
Fucus serratus																				2
Fucus spiralis																				
Fucus vesiculosus																				
Laminaria digitata	16		8	2								4	6	8	6	4	4	8		
Grønnalger																				
Blidingia minima																			4	
Bryopsis plumosa													4	4	4	6				
Cladophora rupestris						4	6	1	8	4		2	6	2	8	1	4		4	2
Enteromorpha spp.	8	16	16	16	8	16	16	6	8	16	6	16	16	16	12	16	16	8	16	8
Ulothrix/Urospora						1	1	8	6	1	1	1	1	1	1	1	8	1		
Ulva lactuca	8	16	16	16	8	8	8	6	8	16		16	24	12	8	6		4	8	6
Fjæredyr																				
Balanus sp.																				
Cancer pagurus																				
Carcinus maenas										1		1	1	1	1	1	6	4	2	
Bryozoa																	6	6		
Hydroider																				
Littorina spp.	8	8	2	2								1		4	2	6			4	4
Mytilus edulis																				4
Patella vulgata	16	8	8	8	8															6

	Stasjon 6 Hauge																			
	1970	1971	1972	1973	1974	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1999
MAX CYANOPHYCEA				2		16	16	16	16	16	16	8	8	12	8	12	12	16	16	8
Rødalger																				
Ahnfeltia plicata								6	8	6	1	1	1	2	2	1	6	8	16	6
Audouiniella spp. (Acrochaetium)						1		1	1		1		1	1		4			4	4
Bonnemaïsonia hamifera: sporp.								16	8	8	6	4	1	1		4	4			
Ceramium rubrum						4	1	8	16	8	8	12	8	12	16	16	16	8	4	4
Ceramium sp.		8		8	16															
Chondrus crispus		4	2	4	8			6	8	8	8	4	4	6	8	6	12	8	16	8
Corallina officinalis	2	16	16	8	8												6	1		4
Corallinaceae (Phymatolithon)			8	8							8	8	8	8	1	6	8	8	12	6
Hildenbrandia rubra	16	16	16	16	16			6	6	16	6	6	6	8	1	8	6	6	4	8
Mastocarpus stellata	2	8	16	16	16	8	12	6	8	1	4	6	12	12	4	6	6	2	16	4
Phyllophora pseudoceranoides												1	1	1	6	6	6	6	4	6
Polysiphonia sp.											1				6	6	1	1		
Porpyra umbilicalis	8	2	12	16	8	6	16	8	4	2			12	16	4		4	1	8	4
Brunalger																				
Ascophyllum nodosum						6														
Ectocarpales spp.						8	1		8	8	1	1	12	8	16	16	8	16	16	
Fucus serratus	8	16	8	8	12	6	1	1	8	8	8	6	4	4	4	4	16	16	4	12
Fucus spiralis								1												
Fucus vesiculosus	8	8	2	2	2	6					1						16	16		
Laminaria digitata						1	16	8	12	16	16	16	24	16	16	16	16	16	16	16
Grønnalger																				
Blidingia minima																			4	
Bryopsis plumosa																				
Cladophora rupestris						4	4	16	16	8	16	8	16	12	12	8	16	8	16	4
Enteromorpha spp.	2	16	16	8	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	12	12	8	4
Ulothrix/Urospora								4	1	4	1		1	1	8	8	1			
Ulva lactuca	8	16	4	8	2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	8	6
Fjæredyr																				
Balanus sp.													2		2		2			
Cancer pagurus																				
Carcinus maenas									1		1	1	1		1	1		8		
Bryozoa													1					8	4	4
Hydroider																				
Littorina spp.	2	8	2	8	16		6		8	4	12	1	12	8	12	4	12	8		2
Mytilus edulis						4														
Patella vulgata						1	6	4	2		1	1	2	2	2		8			